

ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) уже почти 200 лет служат человечеству. Однако их широкое использование оборачивается целым рядом экологических и ресурсных проблем. 26% всех выбросов антропогенных парниковых газов вызваны сжиганием ископаемого топлива. При этом более 90% топлива, используемого для автомобилей, судов, локомотивов и самолетов, получено из нефти. При сгорании нефтепродуктов в атмосферу выделяются крайне вредные окись углерода, двуокись углерода, углеводороды, окислы азота и другие компоненты. Загрязнение воздуха выступает причиной каждой девятой смерти в мире и признано одним из крупнейших вызовов в области здравоохранения и окружающей среды. В ряде развитых стран принимаются активные меры по постепенному переводу транспорта с ДВС и расширению использования альтернативных источников топлива. Так, Германия приняла закон о запрете с 2030 г. продаж новых автомобилей с ДВС. К 2050 г. страна планирует сократить автомобильные выхлопы до нуля. Аналогичные инициативы обсуждаются в других странах ЕС, США, Индии.

Более активное использование современных альтернативных силовых установок позволило снизить объем вредных выбросов в атмосферу Земли, сократить расходы на содержание транспортных средств и увеличить их КПД. Разработка таких технологий даст возможность странам, испытывающим дефицит традиционного топлива, уменьшить свою энергетическую зависимость.

Ниже рассмотрены перспективные технологии новых типов двигателей для автомобилей, работающих на альтернативном топливе: водородные и метанольные топливные элементы для электромобилей, а также двигатели внутреннего сгорания на диметиловом эфире.

Трендлеттер выходит 1–2 раза в месяц.

Каждый выпуск посвящен одной теме:

- Медицина и здравоохранение
- Рациональное природопользование
- Информационно-коммуникационные технологии
- Новые материалы и нанотехнологии
- Биотехнологии
- **Транспортные средства и системы**
- Энергоэффективность и энергосбережение

Мониторинг глобальных технологических трендов проводится Институтом статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) (issek.hse.ru) в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ.

При подготовке трендлеттера были использованы следующие источники:

Прогноз научно-технологического развития РФ до 2030 года (prognoz2030.hse.ru), материалы научного журнала «Форсайт» (foresight-journal.hse.ru), данные Web of Science, Orbit, OECD, UN, OPEC, bp.com, alstom.com, meduza.io, spiegel.de, newchemistry.ru, researchgate.net, quto.ru, researchgate.net, ng.ru, creonenergy.ru, phys.org, marketsandmarkets.com, nextenergynews.com, energyfuse.org, toyota.ru, bbc.com, ihs.com, theregister.co.uk, toshiba.ru и др.

Более детальную информацию о результатах исследования можно получить в Институте статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ: issek@hse.ru, +7 (495) 621-82-74.

Над выпуском работали:

Ирина Логинова, Илья Кузьминов, Юлия Мильшина, Лилия Киселева, Елена Гутарук, Владимир Пучков.

© Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2017

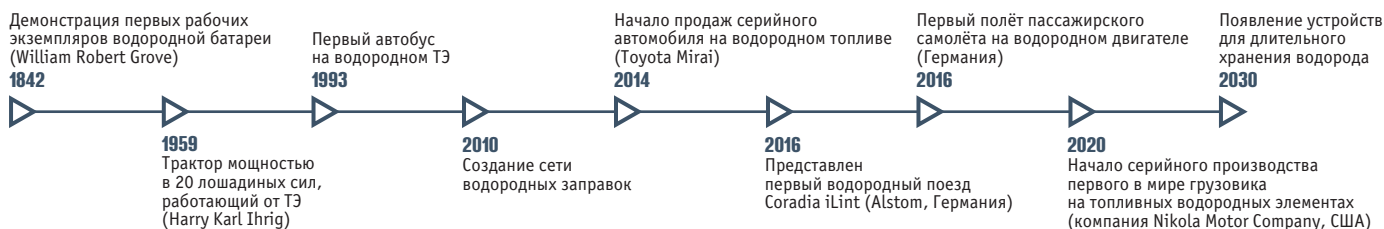
ВОДОРОДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Использование водорода в качестве топлива возможно в транспортных средствах как с ДВС, так и с водородными топливными элементами. Однако традиционные поршневые ДВС приспособить к работе на водороде и сложно, и дорого (стоимость эксплуатации и обслуживания такой водородной силовой установки примерно в 100 раз выше, чем у обычного двигателя внутреннего сгорания).

Альтернативным вариантом являются топливные элементы (ТЭ), преобразующие химическую энергию топлива в тепло и постоянный электрический ток, питающий электродвигатель или системы бортового питания транспортного средства. ТЭ представляет собой непрерывно перезаряжаемую батарею из двух покрытых катализатором электродов, между которыми находится электролит. Через один электрод подается водород, через другой — чистый кислород или кислород из воздуха, к которым постоянно добавляются химическое топливо и окислитель. Соединение водорода с кислородом обычно происходит внутри пористой полимерной мембраны.

Водородные ТЭ намного более экологичны, эффективны (их КПД составляет 45%, современного автомобильного ДВС — 35%), надежны, способны работать при низких температурах, при этом менее габаритны. Они могут применяться в качестве силовых установок в гибридных автомобилях, а в электромобилях — в качестве суперконденсаторов.

Технологическая эволюция: транспортные средства, работающие на водороде



Эффекты

- Экологичность: при сгорании водорода в двигателе образуется практически только вода
- Распределенное энергоснабжение: водород в виде неиспользованного электричества можно применять для питания домашней электросети
- Возможное сокращение общего объема потребления нефти в секторе автомобильных перевозок на 40% к 2050 г.

Оценки рынка

70 тыс. в год

к 2027 г. составит выпуск новых водородных автомобилей в мире

Драйверы

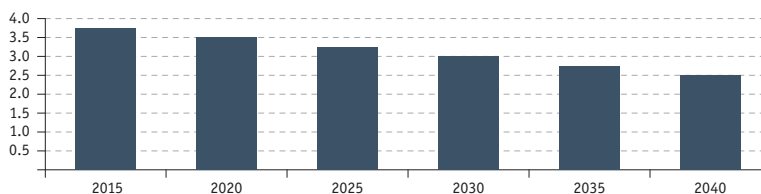
- ↑ Удобство использования автомобильной техники на ТЭ (не требуют перезарядки; моментально поставляют электроэнергию; выработка энергии ТЭ не зависит от времени суток, погодных условий и др.)
- ↑ В перспективе открытие более дешевых и эффективных катализаторов для получения водорода позволит значительно снизить стоимость производства водородных ТЭ

Барьеры

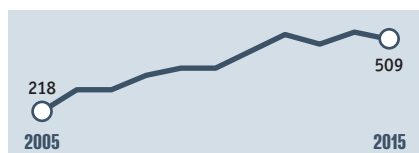
- ↓ Высокие затраты на выработку водорода: от \$4 до \$12 за килограмм в разных странах (бензин-галлоновая эквивалентная стоимость составляет от \$1,60 до \$4,80)
- ↓ Отсутствие автомобильной инфраструктуры
- ↓ Сложность в эксплуатации: уязвимость к ударным нагрузкам и сотрясениям, взрывоопасность, при низких температурах ТЭ требуют внешнего подогрева из-за замерзающей воды
- ↓ Отсутствие единых стандартов безопасности, хранения, транспортировки, распределения и применения водородных ТЭ

Структурный анализ:

оценка прогнозируемых затрат, связанных с производством водородного топлива (2015–2040, долл. за 1 кг)



Международные научные публикации



Международные патентные заявки



Уровень развития технологии в России

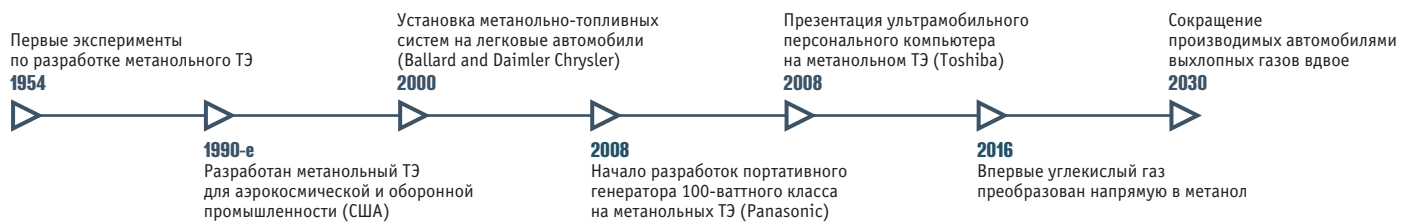
«Возможность альянсов» — наличие отдельных конкурентоспособных коллективов, осуществляющих исследования на высоком уровне и способных «на равных» сотрудничать с мировыми лидерами

МЕТАНОЛЬНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Метанол — высококачественное моторное топливо для ДВС — хорошо зарекомендовал себя и как энергоноситель в ТЭ, используемых в портативной электронике, транспортных приложениях, а также в электромобилях. В ТЭ метанол расщепляется при взаимодействии с атмосферным кислородом (воздухом), в результате этой реакции возникает электрический ток и образуется вода в качестве побочного продукта.

В настоящее время разрабатываются технологии получения метанола из природного газа (минуя синтез-газ) посредством гидрирования из промышленных выбросов углекислого газа (в долгосрочной перспективе его научатся извлекать прямо из окружающего воздуха). Также ведутся разработки по производству биометанола из биомассы (лигноцеллюлозы), что послужит толчком к массовому распространению метанольных ТЭ.

Технологическая эволюция: развитие технологии метанольных топливных элементов



Эффекты

- ➔ Сокращение выбросов углекислого газа более чем на 70% при расщеплении биометанола в ТЭ
- ➔ Электромобили нового типа могут проезжать до 800 км на одном заряде батареи с применением метанольных ТЭ

Оценки рынка

40 млн ед.

к 2020 г. составит объем рынка автотранспортных средств, работающих на метанольных ТЭ (благодаря чему на 104 млн т будут сокращены выбросы углекислого газа по сравнению с объемом выбросов от автомобилей на бензиновом ДВС)

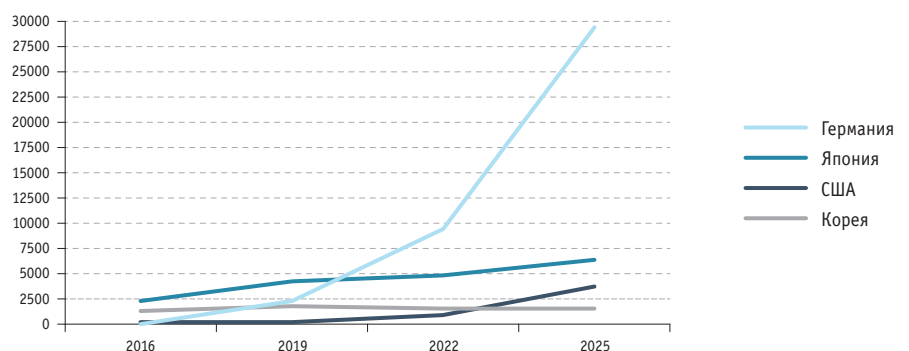
Драйверы

- ↑ Экологичность: метанол менее биологически опасен, чем нефтепродукты
- ↑ Возможность использования существующей транспортной инфраструктуры для заправки транспортного средства
- ↑ Простота эксплуатации: в частности, метанол не улетучивается при транспортировке
- ↑ Возможно создание технологии производства биометанола в промышленных масштабах, что увеличит его использование в ТЭ

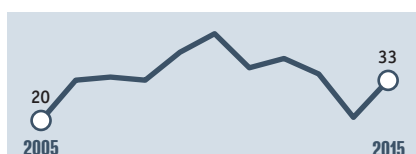
Барьеры

- ↓ Высокая себестоимость производства метанола с помощью существующих технологий
- ↓ Используемые в качестве катализаторов в ТЭ драгоценные металлы (платиноиды) значительно повышают рыночную стоимость установок и вырабатываемой ими энергии

Структурный анализ: прогнозируемый объем производства электромобилей на топливных элементах (2016–2025 гг., шт.)



Международные научные публикации



Международные патентные заявки



Уровень развития технологии в России

«Возможность альянсов» – наличие отдельных конкурентоспособных коллективов, осуществляющих исследования на высоком уровне и способных «на равных» сотрудничать с мировыми лидерами

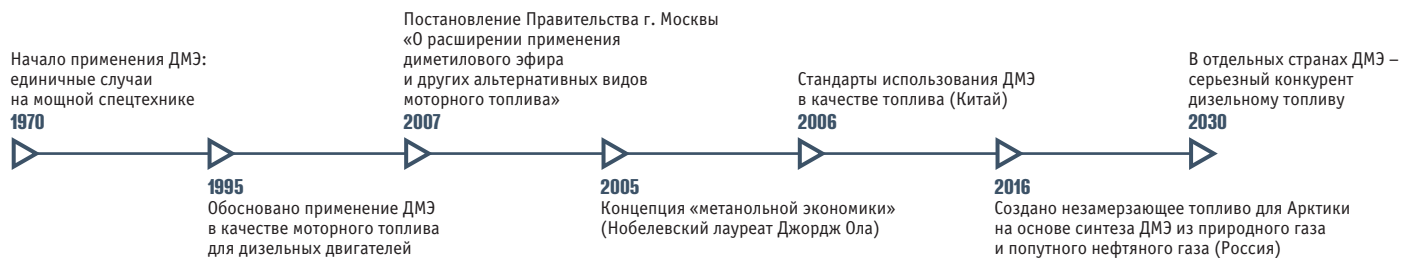
ДВИГАТЕЛИ НА ДИМЕТИЛОВОМ ЭФИРЕ

Серьезным конкурентом традиционным видам ископаемого и синтетического топлива и основной альтернативой дизелю может стать диметиловый эфир (ДМЭ). В сравнении с дизельным топливом эфир лучше горит и более экологичен (не содержит серы, в течение суток полностью разлагается в атмосфере на воду и углекислый газ). Это в целом более чистое топливо, некоррозионноактивное, нетоксичное, не вызывает мутаций, в том числе канцерогенного характера.

Сегодня ДМЭ производится из переработанного угля, природного газа, биомассы, бытовых и промышленных отходов. Также разрабатывается синтетическое биотопливо второго поколения (BioDME), которое может быть изготовлено из лигноцеллюлозной биомассы.

Преобразовать дизельный двигатель в ДМЭ-двигатель можно без больших затрат, что будет стимулировать массовое распространение технологии.

Технологическая эволюция: использование диметилового эфира в качестве топлива



Эффекты

- ➔ Значительное сокращение уровня вредных выбросов с отработавшими газами: оксидов азота в 3-4 раза, углеводородных соединений — в 3 раза, угарного газа — в 5 раз, при практически бездымной работе двигателя во всех режимах
- ➔ Повышение экономичности ДВС (до 5%), его КПД по сравнению с работой на дизельном топливе
- ➔ Оптимизация расходов на производство и транспортировку топлива (сократятся в 10 раз относительно показателей сжиженного природного газа)
- ➔ Легкое преобразование ДМЭ в бензин, характеризующийся высокой стабильностью и повышенным экологическим качеством, минимальным содержанием нежелательных примесей (отсутствие серы, незначительное содержание бензола (0,1% при норме 1%), непредельных углеводородов (~1%))
- ➔ Создание дополнительных рабочих мест в добывающей промышленности благодаря развитию производства диметилового эфира из ископаемого сырья (природный газ, уголь)

Оценки рынка

\$9,7 млрд

достигнет объем глобального рынка ДМЭ к 2020 г. (среднегодовые темпы роста 16–19% в 2015–2020 гг.)

Драйверы

- ↑ Ужесточение экологических стандартов
- ↑ Наличие соответствующей инфраструктуры: применение ДМЭ не требует серьезной конструктивной доработки дизельных двигателей и установки специальных фильтров. Использование ДМЭ на автомобилях с ДВС возможно даже при 30%-м его содержании в топливе без трансформации систем питания и зажигания двигателя
- ↑ Масштабная сырьевая база: сырьем для производства ДМЭ является природный газ, доказанные запасы которого в России по состоянию на 2015 г. остаются крупнейшими в мире

Барьеры

- ↓ Ряд нерешенных проблем с хранением ДМЭ
- ↓ Сравнительно высокая рыночная цена ДМЭ относительно других видов топлива
- ↓ При производстве ДМЭ затрачивается существенно больший объем сырьевого газа, чем для других топливных продуктов с эквивалентной теплотворной способностью
- ↓ При меньшей в 1,5 раза полноте сгорания по сравнению с дизельным топливом увеличивается расход ДМЭ в 1,5–1,6 раза
- ↓ ДМЭ является наркотическим галлюциногенным веществом

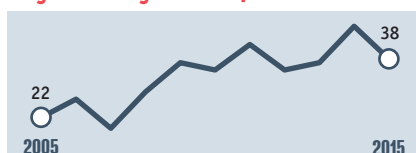
Структурный анализ:

сравнительный анализ уровня отработавших газов и других вредных выбросов ДВС, работающего на дизельном топливе и неразбавленном ДМЭ (при заданном потреблении топлива)

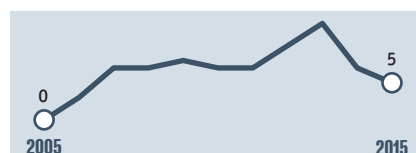
Наименование показателя выбросов	Единица измерения	Значение для дизельного топлива	Значение для неразбавленного ДМЭ
Углеводороды (HC)	г/кВт·ч	0,9	0,2
Монооксид углерода (угарный газ, CO)	г/кВт·ч	5	2,5
Дым (смог)	Дымовое число фильтра (Filter Smoke Number, FSN)	0,75	0
Оксиды азота (NO, NO ₂)	г/кВт·ч	2	0,3

Удельный расход топлива (Brake-specific fuel consumption, BSFC): количество топлива, уходящее на выработку одной лошадиной силы мощности двигателя. Показатели выбросов в данной таблице приведены по состоянию BSFC = 0,4 кг/кВт·ч

Международные научные публикации



Международные патентные заявки



Уровень развития технологии в России

«Возможность альянсов» – наличие отдельных конкурентоспособных коллективов, осуществляющих исследования на высоком уровне и способных «на равных» сотрудничать с мировыми лидерами